

ΜΕΤΡΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ¹

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟσκοπείο Αθηνών





ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Δρ. Βασίλειος Ψυλόγλου

Μαθηματικός
Φυσικός Περιβάλλοντος
Κύριος Ερευνητής ΙΕΠΒΑ

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Τμήμα Γεωγραφίας

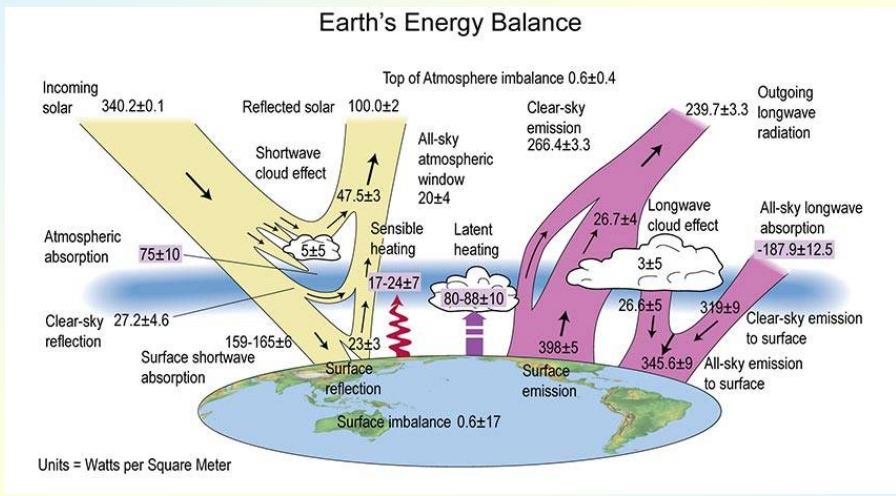
3 Μαΐου 2023

ΔΠΜΣ “Φυσικοί Κίνδυνοι και Αντιμετώπιση Καταστροφών”
“Κλιματική Αλλαγή και Ακραία Φαινόμενα”

ΠΜΣ “Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη Γεωπληροφορική”
“Κλιματική Αλλαγή”

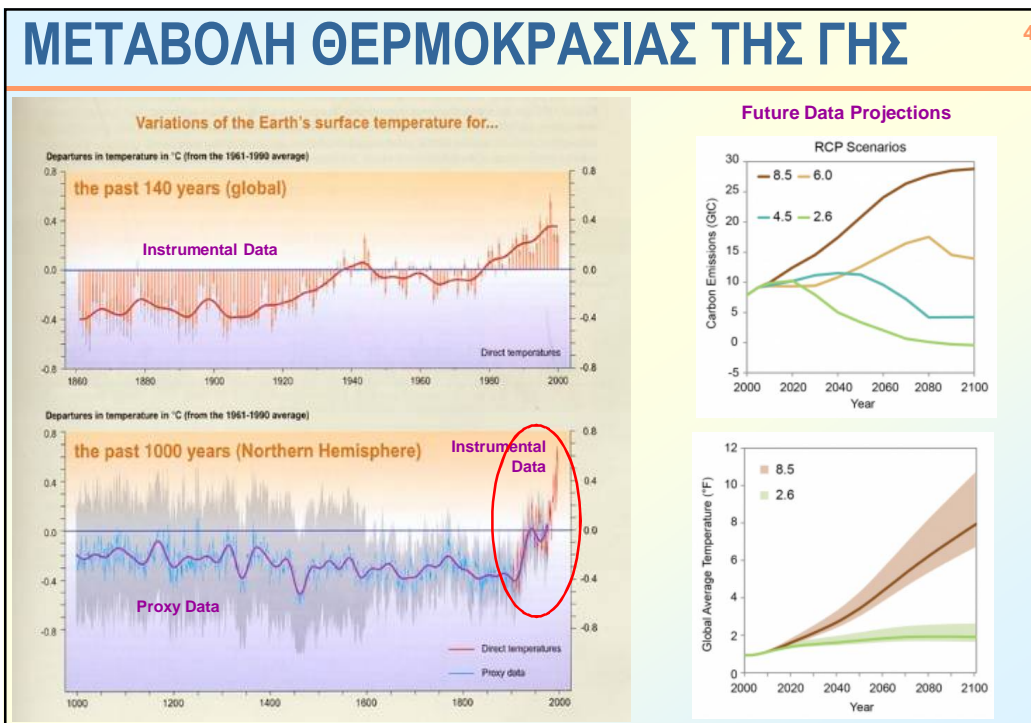
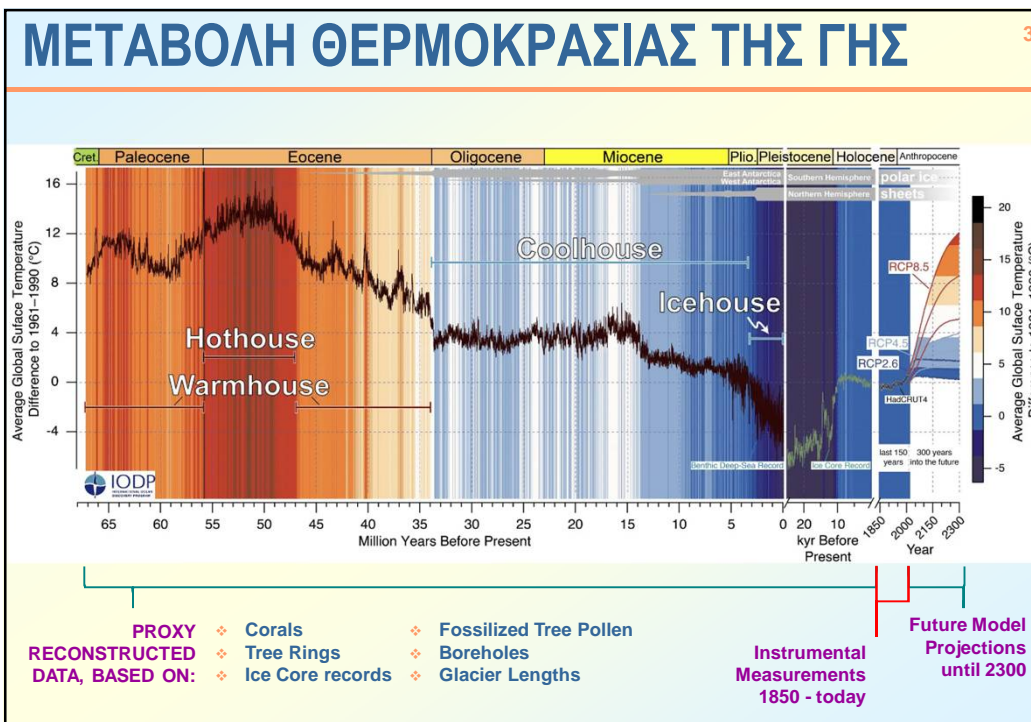
ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΓΗ ²

Earth's Energy Balance



Units = Watts per Square Meter

Η διακύμανση της εισερχόμενης & εξερχόμενης ενέργειας στο πλανήτη ΓΗ οδηγεί σε μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη.



ΘΕΜΑΤΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ (1^ο ΜΕΡΟΣ) 5

- **Κλασσικά μετεωρολογικά όργανα**
(θερμόμετρα, υγρόμετρα, βαρόμετρα, ανεμόμετρα, βροχόμετρα)

Σφάλματα Μετρήσεων

Αρχές Λειτουργίας

Σωστή Πρακτική

Πως Μετράμε Κάποιο Φυσικό Μέγεθος ; 6

- Χρειάζεται ένα αντικείμενο - όργανο του οποίου κάποια **παρατηρήσιμη ιδιότητα** να μεταβάλλεται ανάλογα με το μετρούμενο μέγεθος.
- Η **επιλογή της κλίμακας** εξ'αρχής γινόταν κατά βούληση - ανάλογα με το όργανο μέτρησης.
- **Καλή μέτρηση** είναι εκείνη η οποία **εκμεταλλεύεται ολόκληρη την διαθέσιμη κλίμακα** του οργάνου.
 - π.χ. Εχουμε να μετρήσουμε θερμοκρασία ενός υλικού που κυμαίνεται από 0 έως +40°C.
Σωστό θα ήταν να επιλέξουμε ένα όργανο με κλίμακα από -10 έως +60°C.
 - π.χ. Εχουμε να μετρήσουμε σήμα 2 V σε όργανο με διαθέσιμες κλίμακες 1 V και 10 V.
Σωστό θα ήταν να διαιρέσουμε το σήμα ώστε να «χωράει» στην κλίμακα του 1 V.

ΟΡΘΗ ΜΕΤΡΗΣΗ

7

- Τόσο οι αισθητήρες όσο και ο τυχόν ηλεκτρονικός εξοπλισμός που χρησιμοποιούμε πρέπει να είναι πρόσφατα βαθμονομημένος/διακριβωμένος.
- Ο αισθητήρας πρέπει να είναι ακριβής (να παρέχει μετρήσεις κοντά στην πραγματική τιμή) και επαναλήψιμος (να δίνει την ίδια ένδειξη με το ίδιο ερέθισμα).
- Η έκθεση του αισθητήρα στο μετρούμενο μέγεθος πρέπει να είναι τέτοια ώστε:
 - να διασφαλίζεται η γρήγορη απόκρισή του
 - να αποφεύγονται επιδράσεις από εξωγενείς παράγοντες, οι οποίες παραμορφώνουν τη μέτρηση (θόρυβος).
 (WMO Guide to meteorological instruments and methods of observation, WMO pub. No 8, 1996)
- Κάθε μέτρηση πρέπει να συνοδεύεται από την αβεβαιότητά της, μία εκτίμηση δηλαδή των πιθανών σφάλματός της. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να οφείλονται στον ίδιο τον αισθητήρα, στο όργανο ανάγνωσής του, σε λάθος χρήση του.
- Συμπεριλαμβάνοντας την αβεβαιότητα της μέτρησης ουσιαστικά καθορίζουμε ένα διάστημα τιμών εντός του οποίου εκτιμούμε ότι βρίσκεται η πραγματική τιμή (με κάποια πιθανότητα).

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

8

Κατά την διαδικασία μέτρησης μιας παραμέτρου υπεισέρχονται σφάλματα, συστηματικά ή τυχαία που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης.

- ❖ **Συστηματικά** είναι τα σφάλματα που υπεισέρχονται σταθερά στις μετρήσεις και επηρεάζουν το αποτέλεσμα πάντοτε κατά την ίδια φορά, δηλ. θετικά ή αρνητικά.

(π.χ. Σε ένα μικρόμετρο όπου το μηδέν της κλίμακας του τυμπάνου δεν συμπίπτει με το μηδέν της κύριας κλίμακας – μετάθεση του μηδενός)

- ❖ **Τυχαία** είναι τα σφάλματα που οφείλονται σε αστάθμητους και τυχαίους παράγοντες κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων ενός μεγέθους με την ίδια μέθοδο και το ίδιο όργανο. Μεταβάλουν το αποτέλεσμα της μέτρησης και κατά τις δύο φορές, είναι δηλ. και θετικά και αρνητικά.

(π.χ. Μεταβολή της θερμοκρασίας του χώρου κατά την διάρκεια του πειράματος)

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 9

Τα ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ οφείλονται:

- ❖ Στη **μέθοδο μέτρησης** που εφαρμόζεται για τον υπολογισμό κάποιου μεγέθους. Με βελτίωση ή αλλαγή της μεθόδου είναι δυνατόν να ελαχιστοποιήσουμε το συστηματικό αυτό σφάλμα.
- ❖ Στο **περιβάλλον**, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η υγρασία, ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία εισάγουν στις μετρήσεις σφάλματα.
- ❖ Στον **παρατηρητή**, δηλαδή στην ικανότητα, την εμπειρία του και την ταχύτητα αντίδρασης κατά τη διάρκεια των μετρήσεων του πειράματος.

Τα συστηματικά σφάλματα **δεν γίνονται αντιληπτά** από τον παρατηρητή κατά την πρώτη εκτέλεση του πειράματος.

Είναι δυνατόν όμως να αποκαλυφθούν και να διορθωθούν με την αλλαγή της μεθόδου μέτρησης ή των οργάνων της πειραματικής διάταξης, δηλαδή με την εξάλειψη της αιτίας που τα προκαλεί.

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 10

Τα ΤΥΧΑΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ οφείλονται:

- ❖ Στον **παρατηρητή**, δηλαδή εσφαλμένη ανάγνωση της κλίμακας του οργάνου από απροσεξία ή λόγω παράλλαξης (μη κάθετης ανάγνωσης).
- ❖ Στην **αστάθεια εξωτερικών συνθηκών** που επηρεάζουν τις μετρήσεις στη διάρκεια του πειράματος, π.χ. Θερμοκρασία, πίεση, τάση του δικτύου κ.λ.π.
- ❖ Στην **περιορισμένη ευαισθησία** των οργάνων μέτρησης.

Τα τυχαία σφάλματα δεν μπορούν να ελεγχθούν ακριβώς.

Είναι δυνατόν όμως η επίδρασή τους στο τελικό αποτέλεσμα να μειωθεί δραστικά, αν αυξηθεί το πλήθος των μετρήσεων, γιατί ακολουθούν τους νόμους των πιθανοτήτων (κατανομή Gauss).

ΠΩΣ ΜΕΤΡΑΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ;

11

- ❖ Ο **Römer** ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε ως τέτοια σημεία τη θερμοκρασία τηκόμενου πάγου και ατμών νερού σε βρασμό σε πίεση 760 mmHg.
- ❖ Ο **Celsius (1742)** χρησιμοποίησε τα σημεία του Römer με 100 υποδιαρέσεις. Το σημείο τήξης του πάγου αντιστοιχούσε σε 100 °C και το σημείο βρασμού του νερού σε 0 °C.
- ❖ Οι **Christen** και **Stromer (1743)** και ο **Linnaeus (1737)** είναι αυτοί που υιοθέτησαν την αντιστροφή της κλίμακας του Celsius με αποτέλεσμα τη γνωστή μας πλέον κλίμακα Κελσίου.
- ❖ **Κλειστό θερμόμετρο αλκοόλης - Φερδινάνδος II (1641)**
Σωλήνας με αλκοόλη κλειστός από πάνω ώστε να αποφεύγεται η επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης.
- ❖ **Κλειστό θερμόμετρο υδραργύρου Academia del Cimento , Φλωρεντία (1657)**
Τα σημεία πήξης και τήξης του υδραργύρου είναι (-38 °C και 357 °C) κατάλληλα για τις εφαρμογές της εποχής.

ΠΩΣ ΜΕΤΡΑΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ;

12

Η τρέχουσα κλίμακα αναφοράς για τη θερμοκρασία (**ITS90**) περιλαμβάνει 17 σταθερά σημεία:

- ❖ Σημεία πήξης Cu, Au, Ag, Al, Zn, Sn, In
(1084.62 °C ... 156.5985 °C)
- ❖ Σημείο τήξης Ga (29.7646 °C)
- ❖ Τριπλά σημεία H₂O, Hg, Ar, O₂, Ne, e-H₂
(0.01°C ... -248.5939 °C)
- ❖ Σημεία τάσης ατμών e-H₂, He (-252.85 ... -270.15 °C)

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

13

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ είναι η θερμική κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο αέρας. Αυτή εξαρτάται από το βαθμό κινητικότητας των μορίων του αέρα.

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ είναι τα όργανα με τα οποία προσδιορίζουμε την θερμοκρασία.

Κυρίως χρησιμοποιούμε θερμομέτρα που έχουν υγρό θερμομετρικό υλικό (υδράργυρο, οινόπνευμα), μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και μεταλλικά, φωτογραφικά.

Προτιμούμε τα θερμομέτρα με υγρό ευαίσθητο θερμομετρικό υλικό γιατί εμφανίζουν μεγαλύτερο συντελεστή κυβικής διαστολής, έτσι ώστε η τιμή της θερμοκρασίας να είναι η φαινόμενη μεταβολή του όγκου του υγρού μέσα στον διαφανή γυάλινο σωλήνα.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	Κυβική διαστολή / °C ($\times 10^{-3}$)
Μεθυλική Ακλόλη	1.4
Πάγος	0.7-0.9
Νερό	0.21
Υδράργυρος	0.18
Γυαλί	0.02-0.03

ΟΡΘΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

14

Μετεωρολογικός κλωβός STEVENSON

❖ Ξύλινη κατασκευή από διπλές περσίδες και σκεπή από διπλή λαμαρίνα.

❖ Εξωτερικά λευκός, εσωτερικά μαύρος.

❖ Η πόρτα ανοίγει ΠΑΝΤΑ προς τον Βορρά.



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

15

ΥΔΡΑΡΓΥΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Το πλέον διαδεδομένο και ευρύτατα χρησιμοποιούμενο θερμομετρικό υγρό είναι ο υδράργυρος, λόγω των πολλών **πλεονεκτημάτων** τα οποία έχει και τα οποία είναι:

- ❖ Σχεδόν κανονική διαστολή σε όλες τις θερμοκρασίες
- ❖ Δεν παρουσιάζει συνοχή με το γυαλί
- ❖ Εύκολα μπορούμε να έχουμε χημικά καθαρό υδράργυρο
- ❖ Παρουσιάζει μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και μικρή θερμοχωρητικότητα. Έτσι έρχεται γρήγορα σε θερμική ισορροπία με το θερμομετρούμενο περιβάλλον, χωρίς να μεταβάλλει τη θερμοκρασία αισθητά.

Εξ αιτίας του **μειονεκτήματος** του υδράργυρου να πήζει στους -38°C , για πολύ μικρές θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται σαν θερμομετρικά υλικά η **τολουόλη** (-94°C), το **οινόπνευμα** (-128°C) ή και το **πεντάνιο** (-200°C).

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

16

ΑΚΡΟΒΑΘΜΙΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Μεγιστοβάθμιο θερμόμετρο τύπου Negretti (1852)

Είναι **υδραργυρικό θερμόμετρο** με μια **μικρή στένωση** μεταξύ θερμομετρικού σωλήνα και δοχείου που επιτυγχάνεται συνήθως με την τοποθέτηση μικρού κρυστάλλου από χαλαζία, στο εσωτερικό του τριχοδιαμετρικού σωλήνα.

Το εμπόδιο που δημιουργεί η στένωση, στη φάση της ανόδου της θερμοκρασίας, το ξεπερνά ο υδράργυρος λόγω της διαστολής που υφίσταται και της πίεσης που ασκείται από το δοχείο προς το σωλήνα όπου υπάρχει και η μόνη διέξοδος.

Κατά την πτώση της θερμοκρασίας, η στένωση του τριχοδιαμετρικού σωλήνα, εμποδίζει τον υδράργυρο που βρίσκεται μέσα στο σωλήνα να επιστρέψει στο δοχείο του θερμομέτρου.

Τα μεγιστοβάθμια θερμόμετρα αυτού του τύπου **τοποθετούνται οριζόντια**, ώστε να αποφεύγεται η επιστροφή λόγω βαρύτητας του υδραργύρου στο δοχείο.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

17

ΑΚΡΟΒΑΘΜΙΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Μεγιστοβάθμιο θερμοόμετρο τύπου Negretti (1852)

45, CORNHILL, E.C., AND 122, REGENT STREET, W., LONDON. 33



FIG. 34.

Report of the Astronomer Royal, May, 1852.

"We have for several years been very much troubled by the failures of the Maximum Self-Registering Thermometers, especially those exposed to the sun: the part of the tube in which the index ought to slide becomes foul, apparently lined with a coat of metal, and the index is immovable. A construction invented by Messrs. Negretti and Zambra appears likely to evade this difficulty. The mercury in its expansion is forced past an obstruction in the tube, and does not return past in its contraction. No index is required in this construction. The specimens of this instrument which we have tried answer well."



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

18

ΑΚΡΟΒΑΘΜΙΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Ελαχιστοβάθμιο θερμοόμετρο τύπου Rutherford

Το θερμοόμετρο αυτό έχει διαφοροποιημένο δοχείο (δύο συνεχόμενοι παράλληλοι κύλινδροι που συγκοινωνούν) και το ευαίσθητο θερμομετρικό υγρό που χρησιμοποιείται είναι **καθαρό οινόπνευμα**. Μέσα στη μάζα του άγχρωμου οινόπνευματος τοποθετείται μικρός **κυλινδρικός δείκτης από σμάλτο, με διογκωμένα τα δύο του άκρα**, που επιτρέπουν όμως άνετα τη διόδο του οινόπνευματος.

Σε κάθε **αύξηση της θερμοκρασίας**, το διαστελλόμενο οινόπνευμα κυκλοφορεί άνετα μεταξύ του δείκτη και των τοιχωμάτων του σωλήνα. Αντίθετα, σε **ελάττωση της θερμοκρασίας** η κατερχόμενη λόγω συστολής στήλη του οινόπνευματος σε κάποιο σημείο θα συναντήσει την κεφαλή του δείκτη και θα την συμπαρασύρει προς τα κάτω εξ αιτίας των δυνάμεων συνοχής που εμφανίζονται (επιφανειακή τάση), μεταξύ της κορυφής της στήλης του οινόπνευματος και της κεφαλής του δείκτη. Η **τοποθέτηση** του θερμοόμετρου αυτού γίνεται και αυτή **οριζόντια**, για αποφυγή πιθανής μετακίνησης του δείκτη λόγω κλίσης.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 19

ΑΚΡΟΒΑΘΜΙΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Ελαχιστοβάθμιο θερμόμετρο τύπου Rutherford



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 20

ΑΥΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ (ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΟΙ)

Τις περισσότερες φορές είναι απαραίτητο να υπάρχει μια συνεχής καταγραφή των μεταβολών της θερμοκρασίας.

Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούμε τα αυτογραφικά θερμόμετρα που είναι σε θέση να μας δίνουν τις συνεχείς μεταβολές στην πορεία της θερμοκρασίας.

Τα όργανα αυτά **αποτελούνται από:**

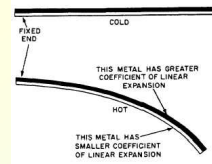
- ❖ Το **ευαίσθητο μέρος** (δέκτης) που μεταβάλλει σχήμα (διμεταλλικό έλασμα) ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές.
- ❖ Σύστημα **πολλαπλασιασμού** αυτών των μεταβολών (μοχλός), και
- ❖ Σύστημα **καταγραφής** (γραφίδα, τύμπανο, ωρολογιακός μηχανισμός).

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

21

ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΟΣ ΑΕΡΑ

Το ευαίσθητο μέρος του οργάνου αυτού συνήθως αποτελείται από **διμεταλλικό έλασμα**, το οποίο έχει προέλθει από τη συγκόληση δύο ταινιών από διαφορετικά μέταλλα, με μεγάλη διαφορά συντελεστή διαστολής (φροντίζουμε το έλασμα με τον μεγαλύτερο συντελεστή διαστολής να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του συστήματος.)



Το ένα άκρο του ευαίσθητου μέρους του οργάνου στερεώνεται ακλόνητα πάνω σε σταθερό στέλεχος του οργάνου, ενώ το άλλο παραμένει ελεύθερο και συνδέεται με σύστημα μοχλών που καταλήγει μέσω ενός στελέχους στην γραφίδα.



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

22

ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΟΣ ΑΕΡΑ

Ετσι κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί αλλαγή στην καμπυλότητα του ευαίσθητου μέρους του οργάνου, που μέσω των μοχλών μεταδίδεται στο στέλεχος και την γραφίδα που πραγματοποιεί συνεχή καταγραφή επάνω στην ταινία που περιβάλλει ένα περιστρεφόμενο τύμπανο.

Η ταινία που περιβάλλει το κυλινδρικό τύμπανο φέρει δύο ειδών γραμμές:

- ❖ **Ευθείες** παράλληλες προς την βάση του κυλίνδρου που ισαπέχουν μεταξύ τους και αντιστοιχούν στους βαθμούς της θερμομετρικής κλίμακας

- ❖ **Τόξα** ακτίνας ίσης με το μήκος του στελέχους της γραφίδας και αντιστοιχούν στις υποδιαιρέσεις του χρόνου.

Εύρος μέτρησης: -10° έως $+50^{\circ}\text{C}$ (καθορίζεται από την ταινία), ανά 1°C

Ακρίβεια μέτρησης: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

Χρόνος απόκρισης: 0.5 - 1 min

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23

ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΟΣ ΑΕΡΑ

Protective case

Exposed metallic strip

Amplifying levers

Record paper on cylinder

Ink trace

©2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

Ταινία Θερμογράφου (λεπτομέρεια)

Εβδομαδιαία Ταινία Θερμογράφου

ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ 24

Με τον όρο **υγρασία** του αέρα εννοούμε την ποσότητα των υδρατμών που περιέχει ο ατμοσφαιρικός αέρας.

Το 90% και πλέον της ποσότητας των υδρατμών στην ατμόσφαιρα βρίσκεται συγκεντρωμένο στο κατώτερο μέρος της ατμόσφαιρας μέχρι ύψους 8-10 Km, όπου και αποτελεί το 0.3-0.4% της μάζας του στρώματος αυτού.

ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Απόλυτη υγρασία (e): είναι το πηλίκο της μάζας των υδρατμών (M_u) που περιέχεται σε όγκο V ατμοσφ. αέρα, προς τον όγκο V του αέρα που τους περιέχει:

$$e = M_u / V \quad (\text{gr/cm}^3)$$

Αναλογία μείγματος (W): είναι το πηλίκο της μάζας των υδρατμών (M_u) που περιέχεται σε όγκο V ατμοσφ. αέρα, προς την μάζα ξηρού αέρα (M_ξ) στον ίδιο όγκο αέρα:

$$W = M_u / M_\xi \quad (\text{gr/Kgr})$$

ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

25

ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ (συνέχεια)

Ειδική υγρασία (q): είναι το πηλίκο της μάζας των υδρατμών (M_u) που περιέχεται σε όγκο V ατμοσφ. αέρα, προς την μάζα του υγρού αέρα ($M_u + M_\xi$) στον ίδιο όγκο αέρα:

$$q = M_u / (M_u + M_\xi) \quad (\text{gr/Kgr})$$

Σχετική υγρασία (h): είναι το πηλίκο της μάζας των υδρατμών (M_u) που περιέχεται σε όγκο V ατμοσφ. αέρα, προς την μάζα των υδρατμών (M_{us}) που θα περιείχε ο όγκος αυτός αν ήταν κορεσμένος:

$$q = M_u / M_{us} \quad (\%)$$

Θερμοκρασία Δρόσου (T_d): είναι η θερμοκρασία στην οποία πρέπει να ψυχθεί μία αέρια μάζα, υπό σταθερή πίεση και χωρίς την προσθήκη ή αφαίρεση υδρατμών, ώστε να καταστεί κορεσμένη.

Είναι φανερό ότι όταν η θερμοκρασία του αέρα και το σημείο δρόσου συμπίπτουν τότε η σχετική υγρασία είναι 100%

ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

26

ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΑ

Ενα ψυχρόμετρο συνίσταται κυρίως από δύο θερμομέτρα.

Το θερμομετρικό δοχείο του ενός από αυτά είναι καλυμμένο με ύφασμα που διαβρέχεται συνεχώς με απεσταγμένο νερό, με βοήθεια ενός φυτιλιού. Το θερμομέτρο αυτό καλείται «**υγρό θερμομέτρο**», σε αντίθεση με το άλλο που ονομάζεται «**ξηρό θερμομέτρο**».

Η θερμοκρασία του υγρού λόγω της εξάτμισης του νερού είναι εν γένει μικρότερη από εκείνη του ξηρού. Όσο πιο ξηρός είναι ο αέρας τόσο μεγαλύτερη η εξάτμιση και κατά συνέπεια μεγαλύτερη η διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα στα δύο θερμομέτρα.

Από τα αναγνώσματα των δύο θερμομέτρων υπολογίζουμε την απόλυτη υγρασία του αέρα, με τη βοήθεια της ψυχομετρικής εξίσωσης, και στην συνέχεια την σχετική υγρασία.

Αποτελεί μέθοδο αναφοράς.



ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

27

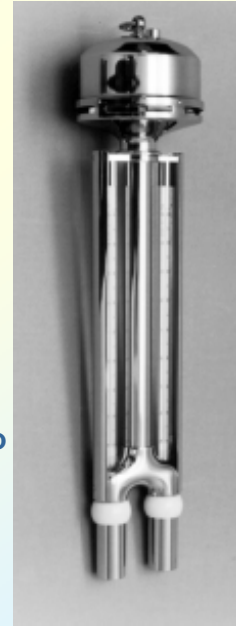
ΨΥΧΡΟΜΕΤΡΑ

Το ψυχρόμετρο χρησιμοποιείται συνήθως είτε με φυσικό αερισμό (π.χ. μέσα σε ένα μετεωρολογικό κλωβό), είτε με τεχνητό αερισμό (π.χ. περιστρεφόμενο ή τύπου Assman).

Το **αναροφητικό ψυχρόμετρο ASSMAN** πλεονεκτεί έναντι του απλού ή περιστρεφόμενου, διότι:

- ❖ Τα δύο θερμομέτρα βρίσκονται συνεχώς σε ρεύμα αέρα σταθερής ταχύτητας (2.5 - 3 m/s).
- ❖ Οι σωλήνες που περιβάλλουν τα θερμομέτρα, τα προφυλάσσουν από την ακτινοβολία.
- ❖ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε υψόμετρο
- ❖ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εκτός κλωβού.

Τα ψυχρόμετρα μπορούν να γίνουν αυτογραφικά, καταγράφοντας συνεχώς τις δύο θερμοκρασίες, του υγρού και ξηρού θερμομέτρου.



ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

28

ΥΓΡΟΜΕΤΡΑ ΤΡΙΧΟΣ - ΑΥΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ (ΥΓΡΟΓΡΑΦΟΙ)

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: Ορισμένα υγροσκοπικά οργανικά υλικά - μεταβάλλουν τις διαστάσεις τους ανάλογα με την υγρασία του αέρα. Η μεταβολή αυτή χρησιμοποιείται σαν δείκτης της υγρασίας.

Το συνηθέστερο ευαίσθητο υλικό είναι η **ανθρώπινη τρίχα** που το μήκος της εξαρτάται κυρίως από τη **σχετική υγρασία του αέρα** και όχι από την πραγματική περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς (δηλ. την απόλυτη υγρασία).

Η **απόκριση του υγρογράφου στις μεταβολές της υγρασίας δεν είναι σταθερή**. Εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία και δευτερευόντως, από το τέντωμα της τρίχας, την επεξεργασία της, κ.λ.π.

Σε -10°C η υστέρηση του οργάνου είναι τριπλάσια εκείνης σε $+10^{\circ}\text{C}$.

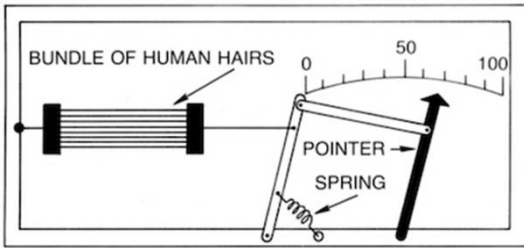
Τα μειονεκτήματα αυτά καθιστούν τον υγρογράφο τριχός **ακατάλληλο σαν πρότυπο όργανο μέτρησης της υγρασίας**.

Λόγω όμως της απλότητας κατασκευής και τρόπου μέτρησης χρησιμοποιείται ευρύτατα ως καταγραφικό όργανο της σχ. υγρασίας.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

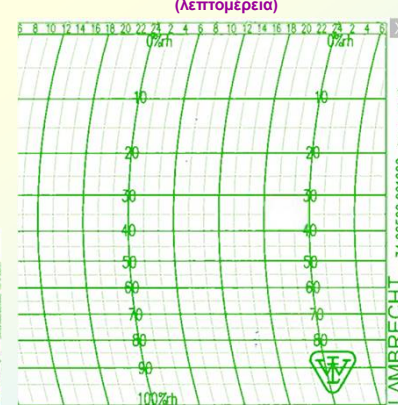
29

ΥΓΡΟΜΕΤΡΑ ΤΡΙΧΟΣ - ΑΥΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ (ΥΓΡΟΓΡΑΦΟΙ)

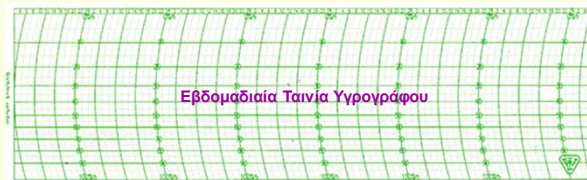


A hair hygrometer measure the change in length of hair strands to determine humidity.

Ταινία Υγραγράφου
(λεπτομέρεια)



Εβδομαδιαία Ταινία Υγραγράφου



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

30

Ατμοσφαιρική πίεση ονομάζεται η δύναμη που ασκείται από το βάρος της ατμόσφαιρας πάνω στην μονάδα επιφάνειας.

Επειδή ο αέρας δεν είναι στερεό σώμα, το βάρος του δεν υπολογίζεται εύκολα με συμβατικές μεθόδους.

Εχει διαπιστωθεί (πριν τρεις αιώνες περίπου) ότι το βάρος της ατμόσφαιρας θα μπορούσε να υπολογιστεί αν ισοσταθμιζόταν με στήλη υδραργύρου (**βαρόμετρο**).

Σε **παραθαλάσσιους σταθμούς**, η πίεση της ατμόσφαιρας προκαλεί μια ανύψωση του υδραργύρου κατά μέση τιμή **29.92 ίντσες**.




ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ 31

ΑΥΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΒΑΡΟΓΡΑΦΟΣ ΜΕ ΦΥΣΑΛΙΔΑ

Τα όργανα αυτά αποτελούνται από:
 Το **ευαίσθητο μέρος** (δέκτης) που μεταβάλλει σχήμα (φισαλίδα) ανάλογα με την μεταβολή της πίεσης.
Σύστημα πολλαπλασιασμού αυτών των μεταβολών (μοχλός), και
Σύστημα καταγραφής (γραφίδα, τύμπανο, ωρολογιακός μηχανισμός).

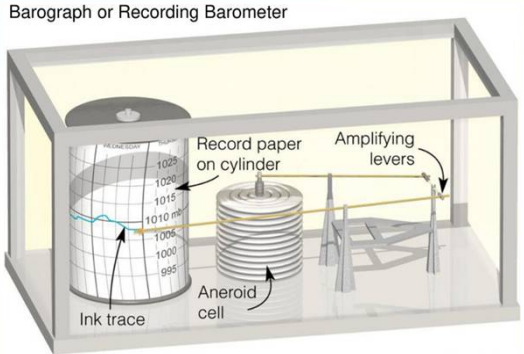
Το ένα άκρο του ευαίσθητου μέρους του οργάνου στερεώνεται ακλόνητα πάνω σε σταθερό στέλεχος του οργάνου, ενώ το άλλο παραμένει ελεύθερο και συνδέεται με σύστημα μοχλών που καταλήγει μέσω ενός στελέχους στην γραφίδα.



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ 32

ΑΥΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΒΑΡΟΓΡΑΦΟΣ ΜΕ ΦΥΣΑΛΙΔΑ

Barograph or Recording Barometer



Record paper on cylinder
 Amplifying levers
 Aneroid cell
 Ink trace

Εβδομαδιαία Ταινία Βαρογράφου

Sonntag	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040
1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030
1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
990	990	990	990	990	990	990	990
980	980	980	980	980	980	980	980
970	970	970	970	970	970	970	970
960	960	960	960	960	960	960	960
950	950	950	950	950	950	950	950

Ταινία Βαρογράφου (λεπτομέρεια)



ΑΝΕΜΟΣ

33

ΟΡΙΣΜΟΣ

ΑΝΕΜΟΣ είναι η αισθητή μετατόπιση μιας αέριας μάζας κατά την οριζόντια διεύθυνση.

Ο άνεμος προσδιορίζεται από 2 στοιχεία:

- ❖ **διεύθυνση** δηλ. το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος ,
- ❖ **ένταση** δηλ. την ταχύτητα με την οποία κινείται ο ατμοσφαιρικός αέρας.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Η διεύθυνση του ανέμου είναι συνάρτηση του αληθούς βορρά.

Ορίζεται από το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος.

Μετρίεται κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, συνήθως σε μοίρες.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Συνήθως η ένταση του ανέμου μετρίεται σε κόμβους (knots=mile/h), m/sec ή Km/h.

ΑΝΕΜΟΣ

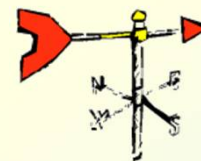
34

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Η διεύθυνση του ανέμου βρίσκεται συνήθως με την βοήθεια των ανεμοδεικτών.

Οι **ιδιότητες** που απαιτούνται για να είναι ένας **ανεμοδείκτης** ακριβής είναι:

- ❖ Πρέπει να γυρίζει γύρω από τον κατακόρυφο άξονα με ελάχιστη τριβή.
- ❖ Πρέπει το έλασμα να αντισταθμίζεται ακριβώς από το αντίβαρο διότι αλλιώς θα εμφανίζει τάσεις κλίσης.
- ❖ Πρέπει να παρουσιάζει τη μέγιστη δυνατή δύναμη στρέψης για μια δεδομένη αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου σε σχέση με την αδράνειά του.
- ❖ Πρέπει να υπάρχει γρήγορη απόκριση του ανεμοδείκτη στις διακυμάνσεις της διεύθυνσης του ανέμου
- ❖ Πρέπει να υπάρχει επαρκής απόσβεση των ταλαντώσεων.



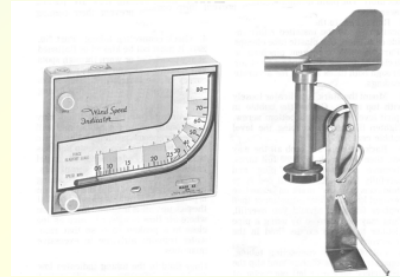
ΑΝΕΜΟΣ

35

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Για την μέτρηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιούνται:

- ❖ Τα **ανεμόμετρα πίεσης** στα οποία η ένταση προσδιορίζεται από τη πίεση που ασκεί ο άνεμος σε ορισμένο τμήμα του οργάνου (σωλήνας Pitot). Αυτά καταγράφουν συνεχώς τις **στιγμιαίες μεταβολές** της έντασης του ανέμου.
- ❖ Τα **ανεμόμετρα ταχύτητας** στα οποία η ένταση συνάγεται από την ταχύτητα περιστροφής που προσδίδει ο άνεμος σε ορισμένα τμήματα του οργάνου. Τα ανεμόμετρα αυτά είναι αθροιστικά με μετρούν **μέσες τιμές** έντασης. Είναι απλά στην κατασκευή τους, με μεγάλη σχετικά ακρίβεια.



ΑΝΕΜΟΣ

36

ΚΥΠΕΛΛΟΦΟΡΑ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΑ (Robinson)

Αποτελούνται από ένα κατακόρυφο άξονα στην κορυφή του οποίου υπάρχουν 3 ή 4 οριζόντιοι βραχίονες συμμετρικά τοποθετημένοι, στα άκρα των οποίων είναι στερεωμένα 3 ή 4 αντίστοιχα ημισφαιρικά ή κωνικά κύπελλα σε τρόπο ώστε η διαμετρική τομή τους να είναι κατακόρυφη.



Από τα πειράματα έχει διαπιστωθεί ότι είναι μεγαλύτερης ακρίβειας τα συστήματα που αποτελούνται:

- ❖ Από **3 κύπελλα αντί για 4** γιατί **α)** η δύναμη στρέψης ενός συστήματος με 3 κύπελλα είναι πιο ομοιόμορφη για όλο το πεδίο ταχυτήτων του ανέμου και **β)** γιατί χρησιμοποιώντας το ίδιο υλικό κατασκευής, το σύστημα με 3 κύπελλα δίνει μεγαλύτερη δύναμη στρέψης ανά μονάδα βάρους.
- ❖ Κύπελλα κωνικά είναι καλύτερα από τα ημισφαιρικά.
- ❖ Στρογγυλεμένα χείλη των κυπέλλων είναι λιγότερο ευαίσθητα στην ανατάραξη του αέρα από τα αιχμηρά.

ΑΝΕΜΟΣ

37

ΚΥΠΕΛΛΟΦΟΡΑ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΑ - ΑΝΕΜΟΓΡΑΦΟΙ

Ως **μειονέκτημα του ανεμογράφου** αυτού του τύπου μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι δεν έχει συμμετρική απόκριση στην αύξηση ή μείωση της έντασης του ανέμου.

Δηλαδή, τα κύπελλα του οργάνου θα εξακολουθήσουν να περιστρέφονται λόγω αδράνειας ακόμη και όταν ο άνεμος σταματήσει, π.χ. αν σημειωθεί μια ξαφνική αύξηση της έντασης του ανέμου (ριπή) πριν σταματήσουν τα κύπελλα, τότε η ένδειξη του οργάνου θα είναι μεγαλύτερη από την πραγματική ένταση του ανέμου.

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΩΝ

Τα ανεμόμετρα πρέπει να τοποθετούνται σε μια ομοιογενή περιοχή σε έκταση 300 μέτρα γύρω από το όργανο, και σε ύψος 10 μέτρων από το έδαφος.

Σε μια περιοχή με ομοιόμορφη κατανομή εμποδίων, το όργανο πρέπει να τοποθετηθεί σε ύψος $10+H$, όπου H είναι το μέσο ύψος των εμποδίων με $H_{\max} < 12$ m. Αν υπάρχουν μεγάλα εμπόδια τότε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι διαστάσεις τους.

ΥΕΤΟΣ

38

ΟΡΙΣΜΟΣ

Είναι η ποσότητα του νερού που προέρχεται από όλων των ειδών τα ατμοσφαιρικά κατακρυσμίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι).

Συνήθως εκφράζεται ως χιλιοστά νερού που συλλέγονται από μια επιφάνεια εμβαδού 1 τ.μ.

ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΑ

Είναι τα όργανα που μετρούν και/ή καταγράφουν την πορεία του υετού με το χρόνο.

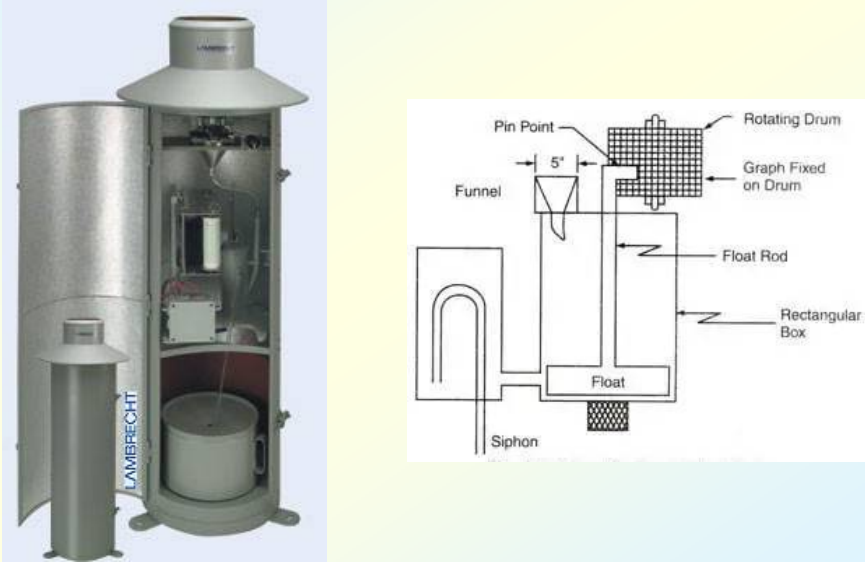
Στην περίπτωση όπου είναι αυτογραφικά, από την καταγραφή τους σε ταινία προκύπτει η χρονική στιγμή έναρξης και λήξης του φαινομένου, η συνολική ποσότητα υετού καθώς και η έντασή της στο χρόνο.



ΥΕΤΟΣ

39

ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ



The image shows a Lambrecht rain gauge on the left and a schematic diagram of its internal mechanism on the right. The diagram labels the following components: Pin Point, Rotating Drum, Graph Fixed on Drum, Funnel, 5°, Float Rod, Rectangular Box, Float, and Siphon.

ΘΕΜΑΤΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ (2^ο ΜΕΡΟΣ)

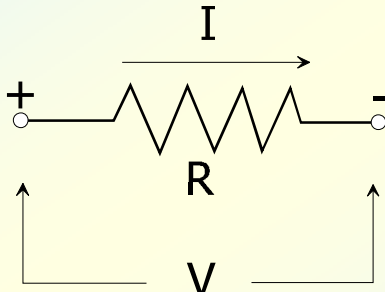
40

- **Ηλεκτρονικά μετεωρολογικά όργανα**
 - Συνήθη Όργανα**
(θερμόμετρα, υγρόμετρα, βαρόμετρα, ανεμόμετρα, βροχόμετρα)
 - Βασικές Ηλεκτρικές Μετρήσεις**
 - Αρχές Λειτουργίας**
 - Συνδεσμολογία**

ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 41

ΝΟΜΟΣ του Ohm

$I = V / R$



ΝΟΜΟΙ του Kirchhoff

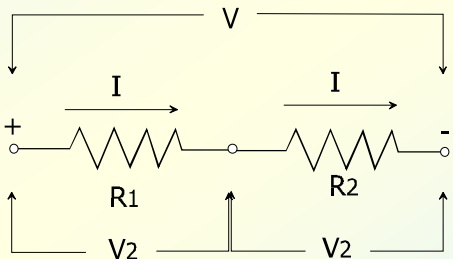
Σε κάθε βρόγχο κυκλώματος ισχύουν:

$\sum V = 0$ και $\sum I_{in} = \sum I_{out}$

ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 42

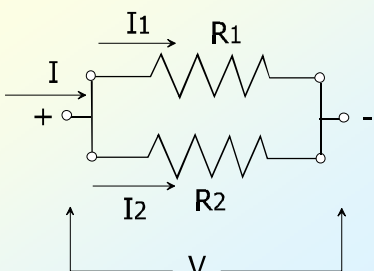
Σύνθεση αντιστάσεων ΕΝ ΣΕΙΡΑ

$V = V_1 + V_2$
 $R_{ολ} = R_1 + R_2$
 $I = I_1 = I_2$



Σύνθεση αντιστάσεων ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ

$V = V_1 = V_2$
 $1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2$
 $I = I_1 + I_2$



ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 43

Μετατροπές ηλεκτρικών μεγεθών

- ❖ Μείωση κλίμακας ηλεκτρικής τάσης

$$V_{out} = V_{in} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

(διαίρετης τάσης $R_2 : R_1+R_2$)



- ❖ Διαίρεση κλίμακας αρχικής ηλεκτρικής τάσης σε πολλές μικρότερες με χρήση διαδοχικών διαιρετών

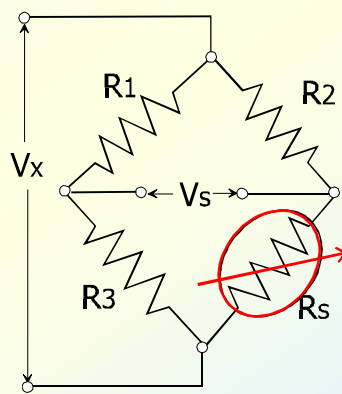


ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 44

Μετατροπές ηλεκτρικών μεγεθών

- ❖ Μετατροπή ηλεκτρικής αντίστασης σε τάση (γέφυρα Wheatstone, 4 Wire Full Bridge)

$$V_s = V_x [R_s / (R_s + R_1) - R_3 / (R_2 + R_3)]$$

$$R_1 \approx R_2 \gg R_3, R_s$$


- ❖ Επιλέγοντας $R_3 \approx R_s$ έχουμε $V_s \approx 0$ και η γέφυρα είναι ισορροπημένη.
- ❖ Μεταβολές της R_s μεταφράζονται σε μεταβολές της V_s .
- ❖ Η τάση διέγερσης V_x πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε σε συνδυασμό με τις αναμενόμενες μεταβολές της R_s να οδηγεί σε κύμανση της V_s η οποία να είναι μετρήσιμη με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ 45

Τυπικές κλίμακες

- ❖ Ηλεκτρική τάση
(-5 ... 50) mV, (-1 ... +1) V, (0 ... 10) V
- ❖ Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος
(0 ... 20) mA, (4 ... 20) mA
- ❖ Ωμική αντίσταση
(90 ... 120) Ω, (1 ... 80) kΩ
- ❖ Απαρίθμηση παλμών με τετραγωνική ή σχεδόν τετραγωνική μορφή πλάτους 20 mV ... 20 V και διάρκειας 1 μs ... 5 ms

ΟΡΘΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 46

ΑΣΠΙΔΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

- ❖ Πλαστική η μεταλλική από στρογγυλές, συνήθως, περσίδες.
- ❖ Αναρτάται σε ιστό ή στερεώνεται σε τοίχο σε όσο το δυνατό μεγαλύτερη απόσταση από αυτόν.



BARANI Design



Φυσικός Αερισμός

SENSOR PROBE



VAISALA

ΟΡΘΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 47

ΑΣΠΙΔΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Με τεχνητό αερισμό (fun aspirated)



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 48

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (RTD)

Αρχή λειτουργίας: η **αντίσταση των μετάλλων** μεταβάλλεται με την διέλευση δια μέσου αυτών ηλεκτρικού ρεύματος, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους, λόγω αλλαγής της κινητής κατάστασης των μορίων. Επομένως, η θερμοκρασία είναι δυνατόν να μετρηθεί από την μεταβολή της αντίστασης, εφόσον έχει προηγουμένως προσδιοριστεί η σχέση που υπάρχει μεταξύ θερμοκρασίας και αντίστασης του μετάλλου (βαθμονόμηση).

Για τα περισσότερα μέταλλα, η σχέση που συνδέει την μεταβολή της θερμοκρασίας με εκείνη της αντίστασής τους δίνεται από τον τύπο:

$$R_T = R_0 [1 + \alpha (T - T_0) + \beta (T - T_0)^2]$$

όπου R_0 η αντίσταση σε θερμοκρασία T_0 , συνήθως 0°C ,
 R_T η αντίσταση σε θερμοκρασία T , και
 α, β συντελεστές που προκύπτουν από την βαθμονόμηση

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 49

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (RTD)

Τα συνήθως χρησιμοποιούμενα μέταλλα για μετρήσεις σε θερμομέτρα ηλεκτρικής αντίστασης είναι:

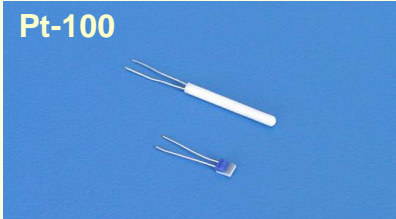
Λευκόχρυσος που παραμένει αναλλοίωτος στον ατμοσφαιρικό αέρα
Νικέλιο και χαλκός κύρια στις ραδιοβολίδες (μικρό κόστος)

Είδος μετάλλου	Συντελεστές		Αντίσταση στους 293°K	Μέγεθος σύρματος
	α	β		
Platinum (Pt)	3.9×10^{-3}	-0.55×10^{-6}	9.8×10^{-6}	25 – 50 μm
Nickel (Ni)	$4-5 \times 10^{-3}$	7.5×10^{-6}	$6-10 \times 10^{-6}$	25 – 50 μm
70% Ni, 30% Fe	4.6×10^{-3}	3.5×10^{-6}	22×10^{-6}	25 – 50 μm
Tungsten	4.5×10^{-3}	0.5×10^{-6}	5.5×10^{-6}	5 – 10 μm
Copper (Cu)	4.0×10^{-3}	0	1.7×10^{-6}	50 – 100 μm

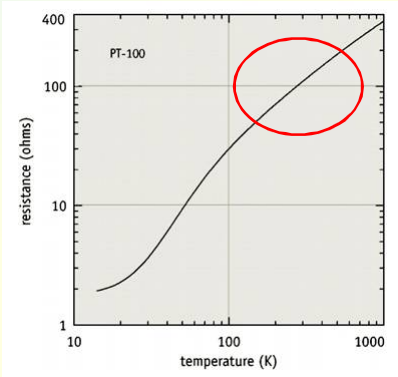
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 50

Θερμόμετρα Πλατίνας (Pt-100 ή Pt-1000)

Διάγραμμα συσχέτισης αντίστασης(Ohms) - θερμοκρασίας(K), καθώς και ευαισθησίας(Ohms/K) - θερμοκρασίας(K)

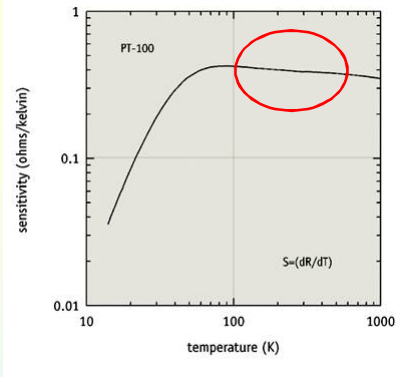


Pt-100



resistance (ohms)

temperature (K)



sensitivity (ohms/kelvin)

temperature (K)

$S = (dR/dT)$

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 51



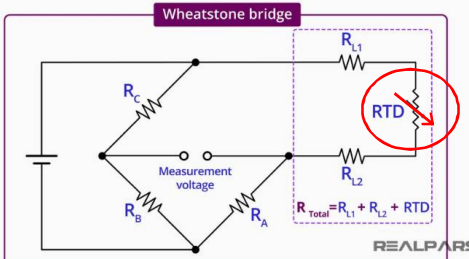
Θερμόμετρα Πλατίνας (Pt-100 ή Pt-1000)

Pt-100 σημαίνει $R(0^{\circ}\text{C}) = 100 \ \Omega$
 Pt-1000 σημαίνει $R(0^{\circ}\text{C}) = 1000 \ \Omega$

σχέση (Callendar-Van Duijsen)

$$R(T) / R(0^{\circ}\text{C}) = 1 + A \times T + B \times T^2 + C \times (T-100)T^3$$

όπου $C = 0$ για $T > 0^{\circ}\text{C}$

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 52

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (THERMISTORS – PTC or NTC)

Αρχή λειτουργίας: ίδια μ' εκείνη των ηλεκτρικών θερμομέτρων μετάλλου.
 Τα Thermistors αποτελούνται από ημιαγωγούς με βάση διάφορα οξειδία των μετάλλων (π.χ. μαγνήτης) που με επανηλημένες ανοπτήσεις (ψησίματα) κάτω από υψηλή πίεση μεταβάλλονται σε ομογενή κεραμικά υλικά.

Υπάρχουν βασικά δύο τύποι thermistors:

- ❖ **PTC** (positive temperature coefficient) εκείνα που παρουσιάζουν θετική μεταβολή της αντίστασής τους με την αύξηση της θερμοκρασίας, και
- ❖ **NTC** (negative temperature coefficient) εκείνα που παρουσιάζουν θετική μεταβολή της αντίστασής τους με την αύξηση της θερμοκρασίας και

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

53

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (THERMISTORS – PTC or NTC)

Για τα περισσότερα thermistors, η σχέση που συνδέει την μεταβολή της θερμοκρασίας με εκείνη της αντίστασής τους δίνεται από τον τύπο:

$$R_T = R_o \exp[\beta (1/T - 1/T_o)]$$

όπου R_o η αντίσταση σε απόλυτη θερμοκρασία T_o , συνήθως 298.16°K,
 R_T η αντίσταση σε απόλυτη θερμοκρασία T , και
 β σταθερά που εξαρτώμενη από την φύση του υλικού

Steinhart-Hart thermistor equation

Εμπειρική πολυωνυμική σχέση που παριστά την μεταβολή της αντίστασης σε σχέση με την θερμοκρασία σε ένα NTC thermistor:

$$1/T = a + b (\ln R) + c (\ln R)^3$$

όπου T η θερμοκρασία και R η αντίσταση, και
 a, b, c συντελεστές που προκύπτουν από την βαθμονόμηση
 Συνήθως η βαθμονόμησή τους γίνεται στους 0°, 25° και 70°C.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

54

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (THERMISTORS – PTC or NTC)

Για την μέτρηση της αντίστασής τους χρησιμοποιείται συνήθως γέφυρα WheatStone (4-wire full bridge)



ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 55

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (THERMOCOUPLES)

Αρχή λειτουργίας: το φαινόμενο Seebeck.

Ο Thomas Johann Seebeck (1821) ανακάλυψε ότι ρεύμα διαρρέει ένα κύκλωμα που αποτελείται από δύο διαφορετικά υλικά όταν οι δύο επαφές σύνδεσής τους βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία.

Η φορά ροής του ρεύματος και η ένταση της ηλεκτρο-επαγωγικής δύναμης (emf) που αναπτύσσεται εξαρτάται από το είδος των υλικών που έρχονται σε επαφή και από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο επαφών μέτρησης.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 56

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ (THERMOCOUPLES)

Σε αντίθεση με τα προαναφερόμενα ηλεκτρικά θερμομέτρα όπου απαιτείται η χρήση εξωτερικής τροφοδοσίας προκειμένου να μετρηθεί η θερμοκρασιακά μεταβαλλόμενη αντίσταση του αισθητήρα, στην περίπτωση των θερμο-ζευγών απλά μετράμε την διαφορά δυναμικού που εμφανίζεται μεταξύ δύο σημείων.

ANSI Symbol	Materials	Temp. Range	Error +/-	Application Notes
T	Copper-Constantan	0-350°C	1.0°C	When moisture is present
J	Iron-Constantan	0-750°C	2.2°C	For reducing atmosphere
E	Chromel-Constantan	0-900°C	1.0°C	When corrosion possibility
K	Chromel-Alumel	0-1250°C	2.2°C	For clean oxidizing atmosph.
R	Platinum-13% Rhodium/Platinum	0-1450°C	1.5°C	High resistance to oxidation and corrosion
S	Platinum-10% Rhodium/Platinum	0-1450°C	1.5°C	High resistance to oxidation and corrosion

ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

57

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΓΡΟΜΕΤΡΑ

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: Τα ηλεκτρικά υγρόμετρα μετρούν την μεταβολή μιας ηλεκτρικής παραμέτρου (η οποία μπορεί να οφείλεται σε χημικές διεργασίες), συνήθως αντίστασης ή χωρητικότητας, που οφείλεται σε μεταβολή της σχετικής υγρασίας.

Τα όργανα αυτά, εφόσον οι μετρήσεις δεν γίνονται μηχανικά αλλά ηλεκτρικά, είναι κατάλληλα για μετρήσεις από απόσταση όπως στις ραδιοβολήσεις, και ως αυτογραφικά.

Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά από τα ευαίσθητα στοιχεία που χρησιμοποιούνται:

- ❖ **Ηλεκτρολυτικός αισθητήρας:** Χρησιμοποιεί την μεταβολή της αντίστασης σε διάλυμα χλωριούχου λιθίου που καλύπτει μια πολυεστερική ταινία.
- ❖ **Αισθητήρας άνθρακα:** Χρησιμοποιεί ψήγματα άνθρακα μέσα σε υγροσκοπικό υλικό και μετράται η μεταβολή της αντίστασης

ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

58

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΥΓΡΟΜΕΤΡΑ

❖ **Πυκνωτής λεπτού φίλμ:** Χρησιμοποιεί την μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή ο οποίος περιέχει ως διηλεκτρικό λεπτό φίλμ από υγροσκοπικό υλικό.

❖ **Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας:** Αποτελείται από κρύσταλλο χαλαζία ο οποίος καλύπτεται από υγροσκοπικό υλικό. Η συχνότητα ταλάντωσης του κρυστάλλου εξαρτάται από την μάζα του, άρα από την ποσότητα νερού που απορροφά το υγροσκοπικό υλικό η οποία είναι ανάλογη της υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα.

Μειονεκτήματα των αισθητήρων των ηλεκτρικών υγρομέτρων:

- ❖ Τα στοιχεία αυτά είναι ευαίσθητα στις υψηλές υγρασίες και καταστρέφονται ή μεταβάλλονται ανεπανόρθωτα αν εκτεθούν σε υψηλά ποσοστά υγρασίας επί κάποιο χρονικό διάστημα (κάποιες ώρες).
- ❖ Τα περισσότερα στοιχεία μεταβάλλονται με την θερμοκρασία και κατά συνέπεια πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε η θερμοκρασία να διατηρείται σταθερή ή να γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις.



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

59

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΒΑΡΟΜΕΤΡΟ

Τα όργανα αυτά καταγράφουν την μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης ως μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης, σε μια φυσαλίδα γεμάτη με ψήγματα άνθρακα.



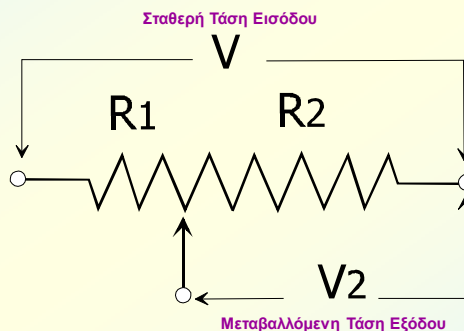
Περιοχή μετρήσεων: 800 – 1060 hPa , με βήμα: 1hPa
 Ακρίβεια μέτρησης: 0.25-0.45 hPa
 Χρόνος απόκρισης: 300 ms

ΑΝΕΜΟΣ

60

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

- ❖ Ο άνεμος περιστρέφει τον ανεμοδείκτη ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα κυκλικό ποτενσιόμετρο.
- ❖ Η εκάστοτε διεύθυνση ανέμου αντιστοιχεί σε μιά τιμή αντίστασης.
- ❖ Ουσιαστικά πρόκειται για έναν μεταβλητό διαιρέτη τάσης.



ΑΝΕΜΟΣ

61

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

❖ Ο άνεμος περιστρέφει μια προπέλα ή μια διάταξη κυπέλλων η οποία είναι συνδεδεμένη με το ρότορα.

❖ Η ταχύτητα περιστροφής είναι συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου.

❖ Η περιστροφή του ρότορα δημιουργεί ανά περίπτωση κάποιο ηλεκτρικό σήμα :

- εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση (mV) μέσω επαγωγικού πηνίου
- ρεύμα (mA) μέσω μικρής ηλεκτρογεννήτριας
- παλμούς (Hz) μέσω φωτο-ηλεκτρικού διακόπτη (το πιο σύνηθες)

Περιοχή μετρήσεων: 0.5 – 90 m/s

Κατώφλι μέτρησης: 0.03 – 0.7 m/s / Hz

Ακρίβεια: ± 1 Hz



ΑΝΕΜΟΣ

62

ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΟΣ ΑΝΕΜΟΓΡΑΦΟΣ

Αποτελείται από έναν κατακόρυφο άξονα που στην κορυφή του έχει ένα σύστημα 3 αξόνων κάθετων ανά δύο μεταξύ τους. Στην άκρη κάθε άξονα στρέφεται μια προπέλα με τέσσερα ελάσματα. Ένας μετρητής καταγράφει έναν ορισμένο αριθμό παλμών για κάθε περιστροφή το οποίο μας δίνει την ταχύτητα της συνιστώσας του ανέμου κατά αυτόν τον άξονα.

Οι ανεμογράφοι είναι πολύ μεγάλης ακρίβειας. Έχουν συμμετρική απόκριση είτε όταν συμβαίνει μείωση είτε όταν συμβαίνει αύξηση της έντασης του ανέμου.

Περιοχή μετρήσεων: 0 – 25 με 35 m/sec

Κατώφλι μέτρησης: 0.2 – 0.4 m/sec

Σήμα εξόδου: γεννήτρια τάσης (mV) ή ρεύματος (mA), ή παραγωγή παλμών με χρήση φωτοδιόδου (Hz)



ΑΝΕΜΟΣ

63

SONIC ή ULTRA-SONIC ΑΝΕΜΟΓΡΑΦΟΣ
 Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο φαινόμενο Doppler.

3D Ultra Sonic






2D Ultra Sonic



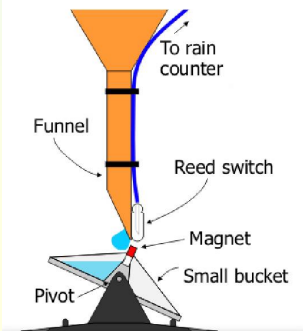
Περιοχή μετρήσεων: 0 – 40 m/sec (βήμα 0.01 m/sec) , 0-360° (βήμα 1°)
Κατώφλι μέτρησης: 0.01 – 0.04 m/sec **Ακρίβεια μέτρησης:** 0.01 m/sec, ± 3°


ΥΕΤΟΣ

64

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ
 Χρησιμοποιεί διπλή ζυγαριά για την καταγραφή παλμών ανά ορισμένη ποσότητα νερού που συγκεντρώνεται στα δοχεία της.

Ακρίβεια μέτρησης :
 0.1 – 0.25 mm νερού / παλμό





Tipping bucket

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΡΗΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

65

ΠΡΟΣΟΧΗ !!!

- ❖ **ΠΟΤΕ** δεν δίνουμε τροφοδοσία χωρίς πρώτα να έχουμε συμβουλευθεί το εγχειρίδιο χρήσης.
- ❖ Σε κάθε περίπτωση αναζητούμε το **εγχειρίδιο χρήσης** - ακόμα και εάν υπάρχουν μόνο δύο καλώδια. Υπάρχει περίπτωση να μην μετρήσουμε σωστά.

66



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ



E-mail : bill@noa.gr

Ιστοσελίδα : www.iersd.noa.gr